

□وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

□الجامعة التقنية الوسطى

□المعهد التقني / كوت

قسم التقنيات الكهربائية □



احتساب الطاقة المتولدة من وحدة انتاج الطاقة سلطان الشمسية في قسم المحاسبة

سلطان بحث مقدم كجزء من متطلبات نيل شهادة الدبلوم

سلطان في التقنيات الكهربائية

سلطان للطلبة

سلطان إبراهيم حامد محمود لفته

سلطان احمد جبار عبدالحسين خليفة

سلطان احمد حبيب هادي حسن

سلطان احمد مهدي بدر خريبط

سلطان احمد كاظم محمد جابر

سلطان

سلطان بأشراف

سلطان أ. د. مهدي فرحان بنية

٢٠٢٠/٢٠١٩

قسم التقنيات الكهربائية

المعهد التقني / كوت

شهادة تأكيد

نؤكد لكم ان البحث المسمى "   "
الذي تم انجازه بواسطة طلبة قسم تقنيات الطاقة الكهربائية في المعهد التقني / كوت هو بحث مقدم كجزء من متطلبات نيل شهادة الدبلوم في التقنيات الكهربائية .

الطلبة :

الأستاذ المشرف

رئيس القسم

د. رعد فرهود جسب

١ـ١ : المقدمة :

يبحث الإنسان دوما عن مصادر جديدة للطاقة لتغطية احتياجاته المتزايدة في تطبيقات الحياة المتطورة التي نعيش، ويعيب الكثير من مصادر الطاقة نضوبها وتكلفة استغلالها المرتفعة والتأثير السلبي لاستخدامها على البيئة، وقد تنبّه الإنسان في العصر الحديث إلى إمكانية الاستفادة من حرارة أشعة أمنا الشمس والتي تتصف بأنها طاقة متجددة ودائمة لا تنضب، وأدرك جليا الخطر الكبير الذي يسببه استخدام مصادر الطاقة الأخرى والشائعة (وخاصة النفط والغاز الطبيعي) في تلوث البيئة وتدميرها، مما. يجعل الطاقة الشمسية الخيار الأفضل على الإطلاق. ولهذا أضحت الطاقة الشمسية في عصرنا الحالي دخلاً قوميا لبعض البلدان حتى أنه في دول الخليج العربي والتي تعتبر من أكثر بلاد العالم غنىً بالنفط، تستخدم الطاقة الشمسية بشكل رئيسي وفعّال

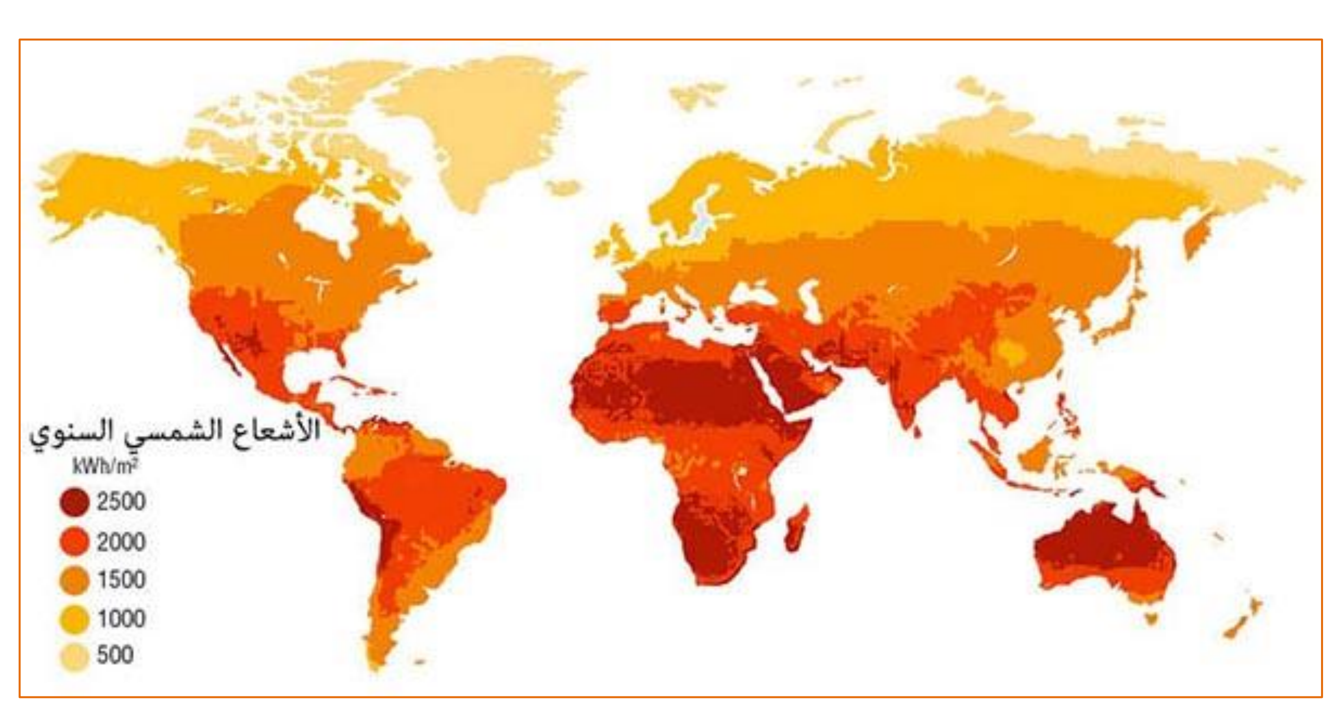
وقد استخدمت الطاقة الشمسية لتوليد الكهرباء في تطبيقات عديدة منها محطات توليد الكهرباء وتحلية المياه، وتشغيل إشارات المرور وإنارة الشوارع، وتشغيل بعض الأجهزة الكهربائية مثل الساعات. والآلات الحاسبة، وتشغيل الأقمار الاصطناعية والمركبات والمحطات الفضائية، ومؤخرا رأينا على التلفاز سيارة تسير بالطاقة الشمسية تصل سرعتها إلى ٦٠ ميل (٩٦ كم) في الساعة.

وظهرت أهمية الطاقة الشمسية مجددا كعامل مهم في الاقتصاد العالمي وفي الحفاظ على البيئة مع استخدام السخانات الشمسية في معظم دول العالم وحتى الغنية منها لتسخين المياه لمختلف الأغراض، وقد زاد في أهميتها نجاحها في التطبيقات العملية وسهولة تركيبها وتشغيلها وتعد المملكة الأردنية الهاشمية الدولة الأولى في منطقة الشرق الأوسط في تفعيل استخدام الطاقة الشمسية وتصنيع وإنتاج وتطوير السخانات الشمسية، والتي تصل نسبة استخدامها إلى ٤٠٪ من مجموع البيوت السكنية، ويركب فيها سنويا ما يقارب من ١٥,٠٠٠ جهاز طبقاً للإحصاءات الرسمية، هذا بالإضافة إلى استخدامها في المستشفيات والمدارس والفنادق وتدفئة برك السباحة، وفي العديد من التطبيقات الصناعية والخدمية والزراعية، حيث يتم تركيب السخان الشمسي والذي يتناسب مع جميع التطبيقات على اختلاف أحجامها كنظام مستقل ودائم أو كنظام مساعد لأنظمة التدفئة المركزية وأنظمة تسخين المياه.

إن النجاح في استخدام الطاقة الشمسية يعتمد على العديد من العوامل المتكاملة، نذكر منها:

- الموقع الجغرافي (قوة الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة وسرعة الرياح).
- ملائمة النظام الشمسي مع حجم التطبيق.
- نوعية المنتج (النظام الشمسي).
- التقنية المستخدمة في تصنيع المنتج (النظام الشمسي).
- جودة وكفاءة المكونات المستخدمة.

وبالنسبة لبلدنا العراق يمتاز بموقع جغرافي يميزه عن غيره تقريبا من حيث تلائم هذا النوع من المحطات مع نسبة الاشعاع الشمسي المتواجد في العراق ويعتبر ذا وفرة في معدلات الإشعاع الشمسي من شماله إلى جنوبه، إذا ما قورن بدول أوروبا، التي قطعت شوطا كبيرًا في مجال الاستثمار في تقنيات الطاقة الشمسية , حيث يتمتع بأكثر من ٣٠٠٠ ساعة من أشعة الشمس الساطعة في السنة، ومتوسط إشعاع شمسي يبلغ حوالي ٥ كيلوواط في الساعة لكل متر مربع ولو وُضعت الخلايا الشمسية على مساحة ١٦ ألف كيلومتر مربع في الصحراء الغربية سلطان على سبيل المثال لأصبح بإمكان العراق توليد طاقة كهربائية تقدر بحوالي ٤٠٠ ميجاوات، وهي كمية من الطاقة النظيفة، تكفي لسد احتياج واحدة من المحافظات العراقية



شكل ١ : الاشعاع الشمسي السنوي في دول العالم

سلطان

٢ـ١ : اهم الأجهزة والأدوات لبناء محطة شمسية

١. الالواح الشمسية
٢. منظم الشحن
٣. البطاريات
٤. الانفيرتر
٥. الكابلات

١ـ٢ـ١ : الالواح الشمسية

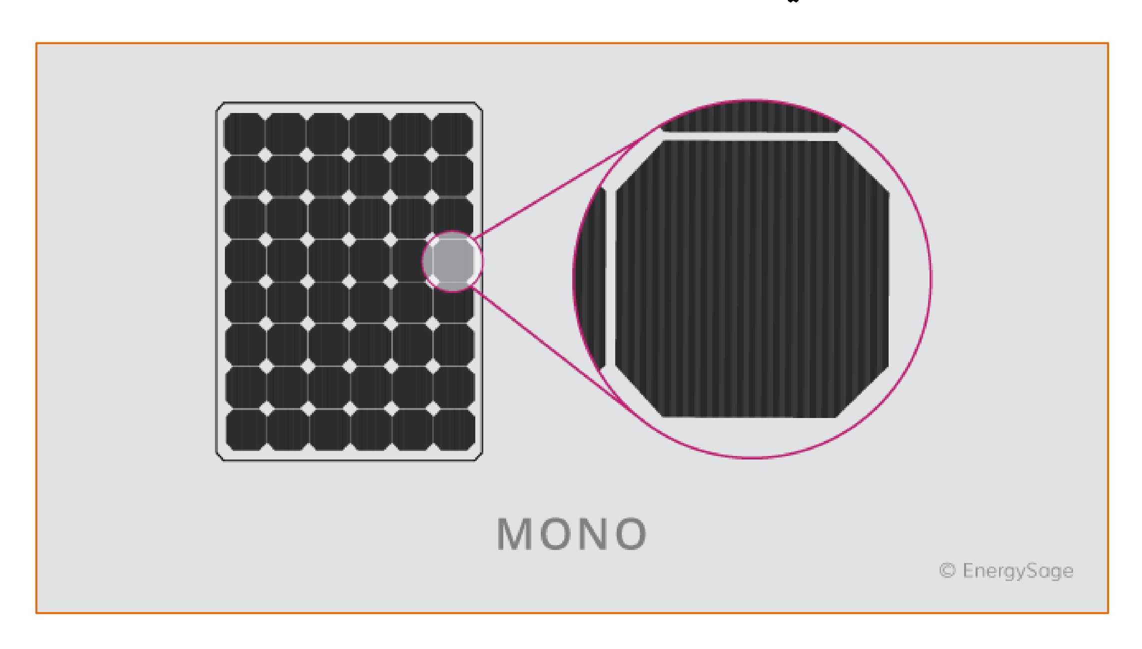
- أساس عمل الالواح الشمسية :
- الخلايا الكهروضوئية Photovoltaic: هي وحدة تقوم بتحويل الطاقة الضوئية المباشرة إلى طاقة كهربائية، وكلمة فوتو فولتيك مشتقة من كلمتي (photo) تعني الضوء، وكلمة (voltaic) وتعني كهرباء، وهذا يعني تحويل الضوء إلى كهرباء.
- مزايا الخلايا الكهروضوئية: تعتبر طاقتها شكلا من أشكال الطاقة المتجددة والنظيفة، لأنه لا يسفر عن تشغيلها نفايات ملوثة ولا ضوضاء ولا إشعاعات ولا تحتاج إلى وقود، ولكن كلفتها مرتفعة بالنسبة لمصادر الطاقة الأخرى ، وكذلك تولد الطاقة بشكل مستمر ومباشر.
- كيف تعمل الخلية الضوئية :
- تركيبها ـ كيفية صناعتها: صنعت من أشباه الموصلات ، من مادة السيلكون , حيث أن استخدامه الأكثر شيوعا الآن.
- وصف بلورة السيلكون: يمتلك السيلكون بعض الخواص الكيميائية في تركيبه البلوري، فذرة السيلكون تحتوي على ١٤ الكترونا موزعة على ثلاث مستويات طاقة، ويحتوي المستوى الثالث (الخارجي) على ٤ الكترونات فقط، أي أنه يكون نصف ممتلئ حيث أن المستوى الثالث يكتمل ب الكترونات، وتسعى ذرة السيلكون لأن تكمل النقص في عدد الالكترونات في المستوى الخارجي ولتفعل ذلك فإنها تشارك أربع الكترونات من ذرات السيلكون المجاورة، وبهذه الطريقة ترتبط ذرات السيلكون بعضها ببعض في شكل تركيب بلوري.

- تطعيم بلورة السيلكون (Doping): إن بلورة السيلكون النقية لا توصل التيار الكهربائي بكفاءة عالية لأنه لا يوجد الكترونات حرة لتنقل التيار الكهربائي، حيث أن كل الالكترونات في المستوى الخارجي تكون مقيدة (غير حرة) في التركيب البلوري، ولكي يتم استخدام السيلكون في الخلية الشمسية فإننا بحاجة إلى إجراء تعديل بسيط على التركيب البلوري
- ويتم التعديل بإضافة ذرات مواد أخرى (تسمى عملية تطعيم) وتسمى هذه الذرات الإضافية شوائب، وهي ضرورية لعمل الخلية الشمسية، وفي حال بلورات السيلكون المطعمة يصبح الأمر مختلفا من ناحية أن الطاقة اللازمة لتحرير الالكترونات أقل بكثير من حالة السيلكون النقي.
- السيلكون المطعم السالب (type-N): يتم تطعيم ذرات السيلكون بذرات من عناصر المجموعة الخامسة، مثل عنصر الفسفور، وذلك لأن ذرة الفسفور تحتوي على ٥ الكترونات في مدراها الخارجي، ولهذا عندما تدخل الشبكة البلورية بين ذرات السيلكون ستشارك ب الكترونات ويبقى الكترون واحد حرا، ولذلك تسمى أشباه الموصلات التي تطعم بذرات عنصر من المجموعة الخامسة بالنوع السالب (type-N) بسبب إضافة الكترون حر للتركيب البلوري لبلورة السيلكون.
- السيلكون المطعم الموجب (Type-P):يتم تطعيم بلورة السيلكون بذرات عنصر من المجموعة الثالثة في الجدول الدوري، مثل البورون، وذلك لأن ذرات هذه المجموعة تحتوي على ٣ الكترونات في المستوى الأخير، ولذلك عندما تدخل الشبكة البلورية للسيلكون سترتبط ذرة السيلكون بثلاث ذرات من البورون ويتبقى فراغ لإلكترون واحد، ويسمى هذا الفراغ بالفجوة (hole)، وتكون هذه الفجوة بمثابة مصيدة للإلكترونات الحرة وتمثل الشحنة الموجبة، لذلك يسمى هذا النوع من أشباه الموصلات بالنوع الموجب (type-P) لأنه أضاف فجوة التركيب البلوري للسيلكون.
- آلية عمل الخلية الكهروضوئية: عندما نضع السيلكون من النوع السالب (N-type) مع السيلكون من النوع الموجب (type-P)، وتذكر بأن كل خلية كهروضوئية تحتوي على الأقل حقل كهربائي واحد وبدون الحقل الكهربائي فإن الخلية الضوئية لن تعمل، ويتشك لهذا الحقل عندما يتصل السيلكون ذو الشحنة السالبة مع السيلكون ذو الشحنة الموجبة. إن الالكترونات الحرة في

الجهة السالبة (type-N) تبحث عن الفجوات في الجهة الموجبة (type-P) لكي تستقر فيها، مع العلم بأن السيلكون كان قبل ذلك متعادلا كهربيا، وعندما تستقر الالكترونات في الفجوات يختل التعادل الكهربائي، بحيث تصبح الخلايا في الجانب السالب موجبة بسبب فقدانها الالكترونات بينما تصبح الذرات في الجانب الموجب سالبة الشحنة لاكتسابها الكترونات، ومع استمرار انتقال الالكترونات من الجهة السالبة إلى الجهة الموجبة يتشكل شيئا فشيئا مجال كهربائي معاكس يعارض مرور الالكترونات من الجانب السلبي إلى الجانب الموجب صعبا، إلى أن تصل إلى حالة التوازن، وفي هذه الحالة تسمى المنطقة بين الجانبين بمنطقة النضوب Depletion region

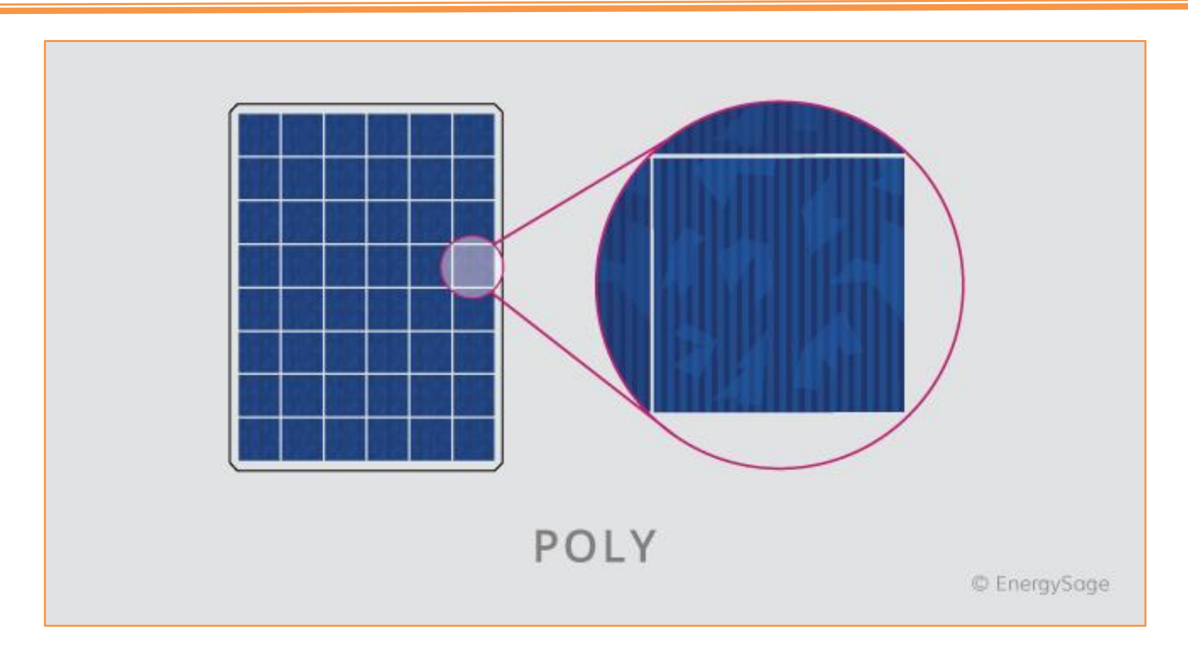
- عندما يسقط الضوء على الخلية الكهروضوئية تقوم الفوتونات بتحرير أزواج من الفجوات والالكترونات، وإذا حدث هذا بالقرب من منطقة النضوب فإن جزء من الأزواج الالكترونية ستكون قادرة على اجتياز منطقة النضوب بما يتسبب بتقلصها وتمزيق حالة الحياد الكهربائي، وإذا تم تزويد طريق (حمل كهربائي) التدفق الأزواج الالكترونية ستتدفق الالكترونات في الجهة السالبة من خلال منطقة النضوب إلى المنطقة الموجبة لتتحد مع الفجوات ويتولد تيار كهربائي.
- الطبقات التي تتكون منها الخلية الكهروضوئية :
- الطبقات التي تتكون منها الخلية الكهروضوئية:
- طبقة الزجاج المقوى ويكون خشنا وقويا لتحمل الصدمات وتغيرات الجو المختلفة.
- طبقة الموصلات المعدنية والتي تكون على شكل شبكة للسماح للفوتونات بالمرور وتجميع الالكترونات وتمثل القطب السالب.
- طبقة الطلاء الغير عاكس للتقليل من الخسائر الناتجة عن انعكاس الضوء لأقل من ٥ ٪، لأن السيلكون مادة عاكسة جدا.
- طبقة من السيلكون السالب (type-N) وهي الطبقة المطعمة بالفسفور التشكيل الالكترونات الحرة.
- طبقة من السيلكون الموجب (type-P وهي الطبقة المطعمة بعنصر البورون لتشكيل الفجوات.
- الطبقة المعدنية السفلية وتكون مغطاة بالطبقة الموجبة تماما وتمثل القطب الموجب

- طبقة الحماية السفلية وتكون إما من البلاستيك أو الألمنيوم ووظيفتها توفير الحماية
- أنواع الخلايا الشمسية :
- خلية أحادية التبلور (mono crystalline): وهو عبارة عن خلايا قطعت من بلورة سيلكون مفردة، وكفاءة هذه النوع من الخلايا تصل إلى ٢١٪ مما يعني أن امتصاص الخلايا من الإشعاع القادم من الشمس الذي تبلغ قوته ١٠٠٠ وات لم تصل إلى ٢١٠ وات. عمرها الافتراضي أكثر من ٣٠ سنة. أغلى ثمنا لأنها صنعت من بلورات مفردة والتي تتطلب عملية تصنيع معقدة. أحرف الخلايا ليست متلاصقة وهذا يعطيها مظهر مميز. مفيدة في حال ضيق المساحة، أما في حال توافر المساحة فيعتبر استخدامها غير مجدي اقتصاديا .



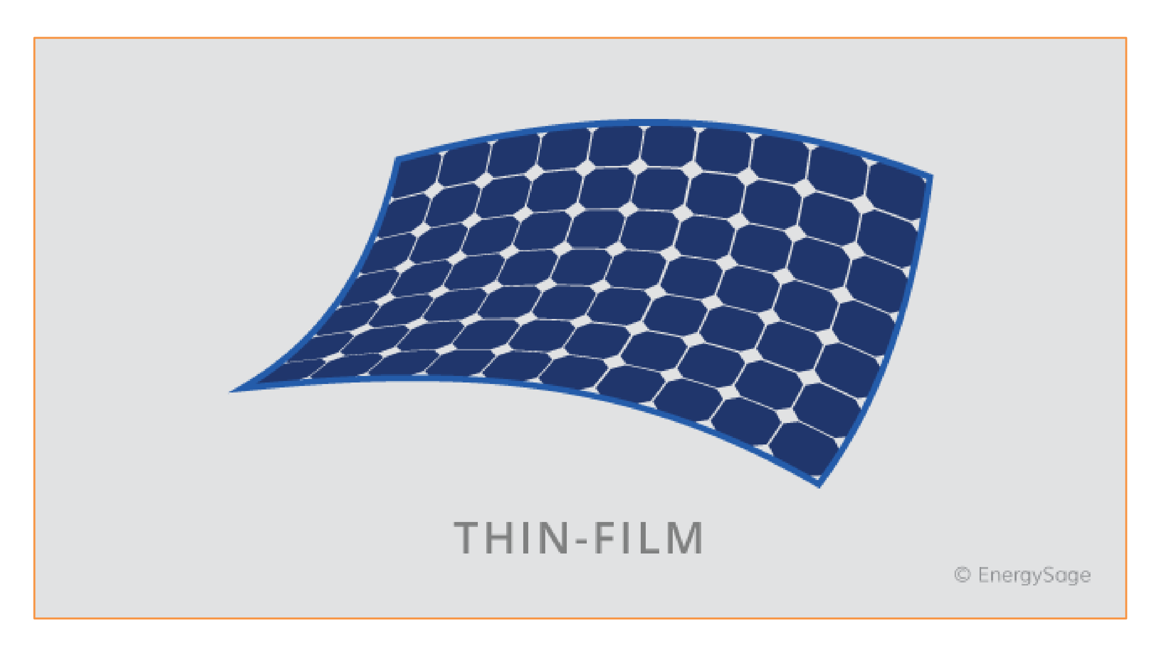
شكل ٢ : خلية أحادية التبلور

- خلية متعددة التبلور (poly crystalline): وهي عبارة عن رقائق اسطوانية كشطت من بلورات سيلكون اسطوانية ثم تعالج كهربائيا لزيادة خواصها الكهربائية، وتبلغ كفاءتها .١٧٪ , عمرها الافتراضي أكثر من ٢٠ سنة. تعتبر أقل تكلفة مقارنة بالخلايا الأحادية (لأن عملية تصنيعها أسهل). انخفاض كفاءتها عن نظيرتها الأحادية يجعلها تحتاج إلى مساحة أكبر للحصول على نفس الكمية من الكهرباء. على نفس مظهرها ليس جماليا مثل الألواح الأحادية التبلور .



شكل ٣ : خلية متعددة التبلور

- الخلايا المورفية أو خلايا الفيلم الرفيع (thin film): وفيها مادة السيلكون تترسب على أسطح من الزجاج أو البلاستيك، لذلك فإن تصنيع هذه الخلايا يتم بتقنية سهلة، وقد تصل كفاءتها إلى ١٠٪ , تتميز بشكل رقيق وانسيابي مما يجعلها صالحة للعديد من التطبيقات مثل اسطح المراكب وسيارات النقل , مظهرها متناسق وجميل , عمرها الافتراضي اقل من نظيراتها الاحادية والمتعددة .



شكل ٤ : خلية الفيلم الرفيع

١-٢-٢: منظم الشحن

منظم الشحن (solar charge controller) جهاز الكتروني يقوم بتنظيم الجهد الكهربائي الوارد من الخلايا قبل مروره الي البطاريات والصادر من البطارية الى الحمل الكهربائي وذلك للمحافظة على البطاريات المستخدمة والتأكد من شحنها واستخدامها بصورة أمثل.

وظائف الشاحن الشمسي :

١- تنظيم شحن البطاريات بمعنى السماح بالشحن الكامل دون الوصول إلى حالة الشحن الزائد. فمثلا لو كانت البطاريات المستخدمة من نوع الجل من المعروف أن جهد ١٢,٨٥ يعني وصول البطارية الي شحن بنسبة ١٠٠٪، نجد المنظم يقوم بعملية شحن سريع حتي الوصول الي جهد ١٢,٩٠ فولت (٪٧٥ نسبة شحن). ثم بعدها تتناقص تدريجيا سرعة الشحن بصرف النظر عن التيار القادم من الألواح حتي يتم الوصول الي الجهد ١٢.٨٥ (شحن كامل)، و بعدها تتوقف عملية الشحن تماما و يتم فصل التيار القادم من الألواح. كل هذه العملية هدفها الحفاظ علي عمر بطاريات النظام.

٢- تنظيم الجهد الكهربائي الوارد من الألواح قبل مروره الي البطاريات مثال:

مع العرف أن الألواح القياسية ٢٥٠-٢٩٥ وات جهدها Voc=٣٧,٥ عند توصيل عدد ٢ لوح علي التوالي يكون الجهد القادم من الخلايا ٧٥V مطلوب شحن بنك بطاريات ٤٨ فولت يتكون من ٤ بطاريات ١٢ اعلي التوالي هنا يقوم منظم الشحن بتخفيض الجهد لشحن البطاريات من ٧٥ الي ٥٠ هذه الوظيفة الأساسية للمنظم تؤدي الى الحفاظ على البطارية. و قد يبدو للمبتدئين ان شحن البطارية سريعا من الخلايا بدون منظم مثل التونجر الشعبي شيء فعال و عملي ولكنه في النهاية يؤدي الى تلف وخسائر خسائر سريعة أيضا .

من الملاحظ أيضا أن جهد شحن بطاريات الطاقة يجب أن يزيد عن ال ٤٨ حتي تتم عملية الشحن. كما لا يمكن توصيل لوح اوحد فقط جهده ٣٧.٥ ليقوم بشحن مجموعة بطارية جهدها اكبر وليكن ٤٨ فولت . مثلا في هذه الحالة يجب ان يكون جهد بنك البطاريات ٢٤ او ١٢ فولت .

٣- حماية الأنواع القديمة لألواح من التلف وذلك بمنع مرور التيار الكهربائي بشكل عكسي من بطاريات النظام إلى الألواح في المساء (حيث في الظلام تعتبر الخلية كحمل مستهلك للطاقة). و بالنسبة للنوعيات الحديثة من الخلايا الجيدة فمن المعلوم انها تحتوي على دايود يحميها من هذه التيار العكسي على أي حال .

٤ـ فصل التيار الكهربائي عن البطاريات عند وصولها إلى حدودها الدنيا من التخزين هذه الخاصية يطلق عليها LVD(Low Voltage Disconnect), فمثلا معروف من جدول جهد البطاريات عند نسب الشحن المختلفة ان وصول البطارية لجهد ١٢.٢V يعني أن نسبة الشحن اصبحت ٥٠٪ فقط. و هي النسبة التي يجب عندها فصل البطارية و عدم السماح بالمزيد من التفريغ للحفاظ عليها. فهنا يتم برمجة منظم الشحن ليقوم بفصل بنك البطاريات عند بلوغ جهد ١٢.٢ او عندما يكون النظام ٤٨ فولت يتم برمجة الكونترولر ليفصل البطاريات جهد او هكذا.

من الملاحظ أن العديد من الناس يستخدم عدد بطاريات قليل لا يفي باحتياجات النظام ثم يقومون ببرمجة الكونترولر ليفصل عند قيم اقل من نسبة ٥٠٪ شحن لتحقيق كفاءة وهمية في حجم التخزين، هذه الطريقة الفاشلة في التحايل تؤدي دائما الي تلف البطاريات سريعا.

٥ـ يحمي النظام من التيارات الكهربائية الزائدة أو الناقصة او المتقلبة بفضل احتواءه على فيوزات ودوائر خاصة لذلك.

٦ـ يعمل كنظام مراقبة عن طريق المقاييس المستخدمة فيه بحيث يمكن ان يعطي ضوء انذار عند حالات العمل غير النظامية .

- أنواع منظمات الشحن :

هناك نوعين أساسيين لمنظمات الشحن , وهما :

- منظم شحن PWM :

منظم الشحن القديم من نوع وهي اختصارا للكلمات Pulse width modulationوسمي بهذا الاسم لان هذا النوع يقوم بإرسال التيار الكهربائي الى البطارية على شكل نبضات كهربائية تسمى (pulse) ويقوم هذا النوع بتعديل عرض النبضات وفقا لحجم التيار الكهربائي المخزن في البطارية. العيب الخطير في المنظمات PWM انها تقوم بخفض الفولت مع الإبقاء على نفس الأمبير

- منظم شحن MPPT :

سميت هذه الشواحن ب MPPT اختصارا من العبارة الا نجليزية (Maximum Power Point

Tracking)والتي تشير الى طريقة عملها (تتبع نقطة الطاقة القصوى)، وهي عبارة عن محولات

تيار كهربائي dc to dc تقوم بتمرير التيار الكهربائي على شكل نبضات مثل النوع PWM

تتميز المنظمات MPPT بقدرتها على الاستغلال الأمثل للتيار الكهربائي القادم من الألواح لأنها

تقوم بخفض الفولت مع رفع امبير الشحن.

٣.٢.١ : البطاريات

بطاريات الطاقة الشمسية وظيفتها تخزين الطاقة الكهربية التي ولدتها الألواح اثناء سطوع الشمس في ساعات النهار. ونستخدم هذه الطاقة الكهربية المخزنة اثناء فترة غياب الشمس بالمساء. هذه الفكرة تستخدم في معظم النظم الكهروضوئية المستقلة عن الشبكة بالنسبة لأعمدة الأنارة فغالبا ما يتم الأكفاء ببطارية واحدة أو اثنين. اما الطلمبات فعادة لا تحتاج الي تخزين طاقة و يتم الاكتفاء بالري النهاري.

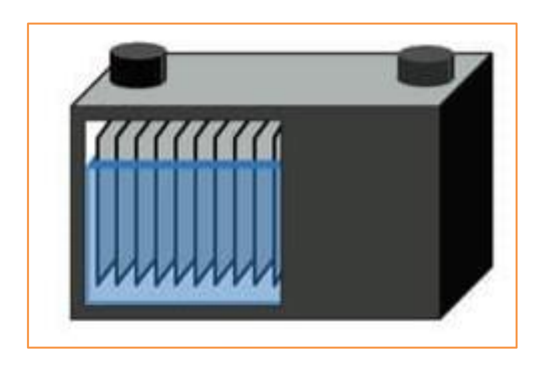
لا يمكن استخدام بطارية السيارة في النظم الفوتو فولطية لان بطارية السيارة ستفسد بعد فترة قصير لأنها مصممة لكي تعطيك كمية كبيرة من الشحنة الكهربية في فترة قصيرة, وهذه الفترة هي فترة بداية دوران المحرك و باقي الوقت يتم شحنها عن طريق الدينامو في السيارة. وذلك علي عكس بطاريات الطاقة الشمسية التي هي مصممة لكي يتم شحنها طوال فترة سطوع الشمس ثم تقوم بتفريغ شحنتها طوال الليل و تسطيع ان تقوم بعملية الشحن في وقت طويل وبتيار منخفض وكذلك تستطيع تفريغ الشحنة في وقت طويل. كما ان يمكن شحنها وتفريغها بنسبة تصل الي ٥٠٪ لتعيش ٣٠٠٠ دورة، وهذا رقم كبير جدا مقارنة ببطارية السيارة التي لن تعيش اكثر من ١٠٠ دورة عند تفريغها بنسبة ٥٠٪و تستطيع بطارية الشحن العميق ان تفرغ شحنتها كاملة دون ان تتلف ٢٠٠ مرة أما بطارية السيارة العادية فقد تتحمل تفريغ ما بين ١٢ الي ١٥ مرة فقط. كما موضح ادناه

عمر بطاريات الطاقة الشمسية	عمر بطارية السيارة	عمق التفريغ
150–200 دورة	12–15 دورة	100%
1200–1500 دورة	100–120 دورة	50%
اكثر من ٢٠٠٠ دورة	30–150 دورة	30%

جدول ١ : مقارنة بين عمر بطارية السيارة وبطارية الطاقة الشمسية

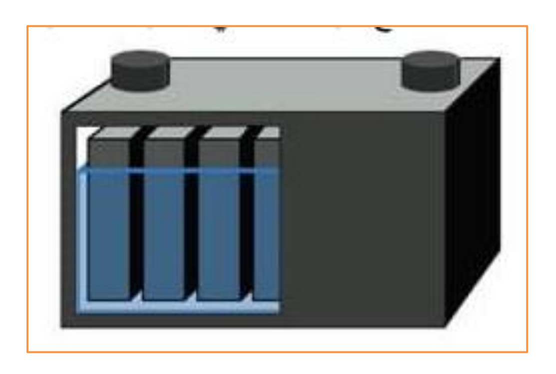
وتتميز بطارية الشحن العميق Deep Cycle بالحجم والسمك الكبير لصفائح الرصاص التي بداخلها حتى يتحمل الحمل الواقع عليها اثناء الشحن أو التفريغ الكامل. وهذا ما يرفع ثمنها نظرا لأن الرصاص سعره مرتفع.

سمك صفائح الرصاص في بطارية السيارة قليل / خفيفة الوزن



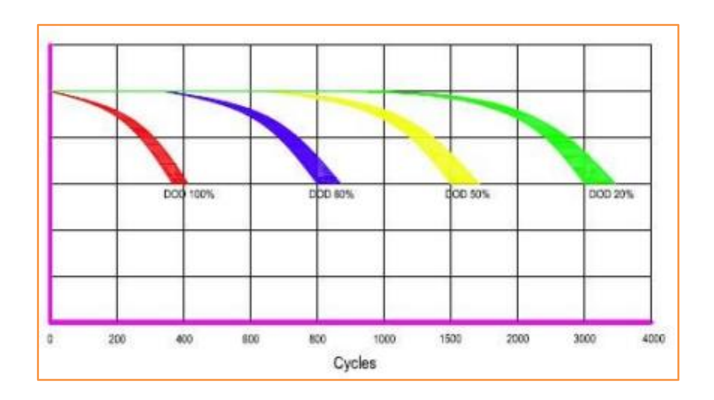
شكل ٥ : سمك صفائح بطارية السيارة

اما بطارية الشحن العميق فسمك صفائح الرصاص كبير جدا و هي بالتالي اغلى بكثير



شكل ٦ : سمك صفائح بطارية الخلية الشمسية

- كيف يتم تحديد عمق التفريغ المناسب والاقتصادي ؟



شكل ٧ : عمق تفريغ البطاريات

الرسمة السابقة توضح المعلومة الأتية بالنسبة الي نوع من البطاريات :

عمق التفريغ ١٠٠٪ / العمر ٤٠٠ دورة

عمق التفريغ ٨٠٪ / العمر ٨٠٠ دورة

عمق التفريغ ٥٠٪ / العمر ٢٠٠٠ دورة

عمق التفريغ ٢٠٪ / العمر ٣٠٠٠ دورة

فمثلا لو كان مشروع ما يحتاج الي بطارية واحدة في حال تفريغها بنسبة ١٠٠٪ / سوف يكون عمر هذه البطارية ٤٠٠ دورة. في حال ان سعر البطارية ٢٠٠ دولار / تكون تكلفة دورة الشحن الواحدة = ٤٠٠/٢٠٠ = ٠,٥ دولار

في حال شراء عدد ٢ بطارية بسعر ٤٠٠ دولار / سوف يكون عمر هذه البطاريات ١٥٠٠ دورة / سوف تكون تكلفة الدورة الواحدة = ١٥٠٠/٤٠٠ = ٠,٣٧٥ دولار

اما في حال شراء ٥ بطاريات بسعر ١٠٠٠ دولار / سوف يصبح عمر البطاريات ٣٠٠٠ دورة / وتكون تكلفة الدورة الواحدة = ٣٠٠٠/١٠٠٠ = ٠,٣٣ دولار

من هنا يتضح ان افضل وضع اقتصادي هو (**تصميم البطاريات علي اساس عمق تفريغ اصغر من ٥٠%**) , وإهلاك البطاريات سريعا عن طريق تفريغها بنسب عالية غير اقتصادي

أنواع بطاريات الطاقة الشمسية

هناك العديد من الأنواع ولكن الاقتصادية تكون من النوعية ذات الحمض والألواح الرصاصية Lead-Acid وغالبيتها ١٢ فولت أو ٢٤ فولت.

وللتعامل معها نحتاج لمعرفة متغيران على الأقل من أصل ثلاثة متغيرات هم الجهد الكهربائي ويقاس بالفولت (Volt) والتيار ويقاس بالأمبير (Amp) والقدرة وتقاس بالواط (Watt).

يتم الإشارة إلي سعة البطارية بعدد الأمبيرات في الساعة Amps-Hours (AH) فعلي سبيل المثال إذا قرأتم البيانات على البطارية كالتالي ١٢ V/200Ah فإن هذا نظريا يعني أنها تستطيع توفير ٢٠٠×١٢ وات طاقة اي ٢٤٠٠ وات

و لكن من الناحية العملية لا يمكن تفريغها بنسبة اكثر من ٥٠٪ اي انها سوف تعطي سعة تخزينية ١٢٠٠ وات فقط

هناك نوعين أساسيين من بطاريات الطاقة الشمسية وهما :

- بطارية الرصاص المغمورةFLA – Flooded Lead Acid

كما هو واضح من اسمها فالواح الرصاص بها تكون مغمورة تماما بسائل قابل للتأين الكهربي.

سميت بهذا الاسم لأن فيها سائل يجب تغييره كل فترة معينة (كبطاريات السيارة). و هذا النوع هو الأقدم و الأكثر استعمالا و تتراوح قدرتها بين ١٠٠ و ٥٠٠ .AH وعمرها قد يصل الى ١٠ سنوات.

- البطاريات الغير مغمورةVRLA – Valve Regulated Lead Acid

هذا النوع من بطاريات الطاقة الشمسية شبيه بالنوع الأول إلا أنه لا يجب تغيير السائل بداخلها. فهي تقريبا لا تحتاج الي صيانة كما انها تطلق كمية مهملة من غاز الهيدروجين مما يجعلها اسهل في النقل وفي التركيب ولا يعتبر التعامل معها فيه شيء من الخطورة.

و يوجد منه ثلاثة انواع رئيسية وهي:

– Wet : تستطيع ان يقوم بعمل ما يقرب من ٥٠٠ عملية تفريغ عميقة لما يقرب من ٥٠٪ من شحنتها وهو اصلا مصمم لأغراض ملاحية ولكن يمكن استخدامه في الأنظمة الفوتو ضوئية وهو يعتبر حل اقتصادي

– AGM : اختصار Absorbed Glass Mat وهو يعني السائل القابل للتأين الكهربي تم امتصاصه في حصيرة اسفنجية.

– Gel : الرصاص مغمور في سائل تم تحويله الي ما يشبه الجيلي اي انه اصبح أقل ميوعة وأكثر تماسك.

فكلا النوعين سواء AGM أو Gel هما جيدان جدا ويمكن ان يعملوا في اي ظرف. ولكن بالطبع ال Gel هو أفضل وأكثر كفاءة وعمره الافتراضي اكبر. كما انه يستطيع ان يقوم بعمل دورة تفريغ عميقة قد يصل فيها الي تفريغ ٦٠٪ من الشحنة الموجودة بها.

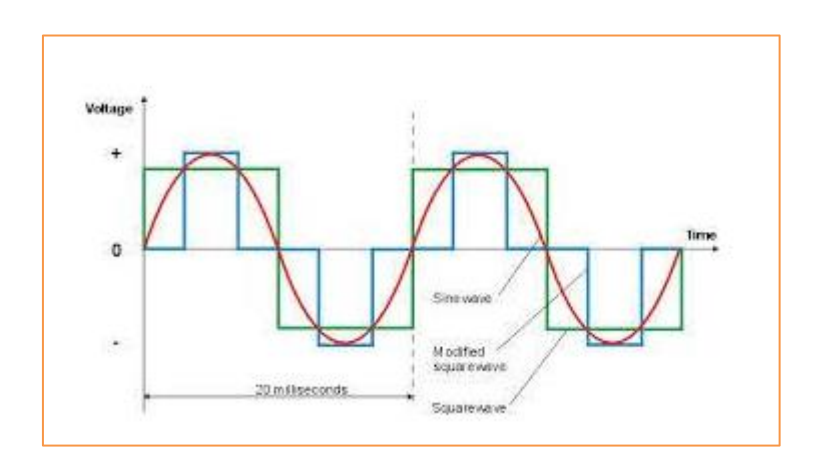
١-٢-٤ : الانفيرتر (العاكس)

الانفيرتر (العاكس) هو جهاز وظيفته تحويل تيار الكهرباء المستمر DC القادم من الألواح او البطاريات الي تيار متردد ١١٠/٢٢٠/٣٨٠ AC لتشغيل أجهزة المنزل أو المضخات أو ربط نظام الطاقة الشمسية بشبكة الكهرباء القومية.

- الخصائص الفنية الأساسية لعواكس الطاقة الشمسية :

١. خصائص موجات التيار المتردد الخارج / AC Output :

التيار المنزلي يعمل علي موجة جيبية نقية تسمي Pure Sine Wave و هناك موجة أخرى تسمى الموجة المعدلةModified Sine Wave



شكل ٨ : موجبة جيبية

كما توضح الصورة فاللون الأحمر يوضح التيار العادي والألوان الأخرى توضح أشكال أخرى من الموجات هذا سيفرق معك في تشغيل بعض الأجهزة التي لا تعمل إلا على الموجة الجيبية الحقيقية إذن عند شراء الانفيرتر سنجد أن بعض الأجهزة يوصف بأنه يخرج موجة جيبية نقية او معدلة Pure Sine Wave أو Modified Sine Wave وهذا سيكون له فرق في السعر وأيضا في نوعية الأجهزة التي يمكن تشغيلها فإذا كان الخرج بيور ساين ويف فسوف يكون مماثل تماما للكهرباء العمومي وبالتالي تشغيل كافة الأجهزة في حدود الحمل الأقصى له طبعا يلاحظ أن الموجة المعدلة غير منسجمة مع الأجهزة التي فيها موتور وإن كانت تشغلها أحيانا ولكن يحدث تغير في سلوك الجهاز مثلا المروحة تعمل ولكن يلاحظ تغيير في صوتها ودورة الموتور وهذه نقطة

سلبية يعوضها انخفاض السعر. فأجهزة الانفيرتر ذات الموجة الجيبية المعدلة لا تصلح لتشغيل جميع الأجهزة التي بها مواتير AC Motor مثل: الثلاجات و المراوح وغسالة الملابس و غسالة الصحون، ولا يصلح لتشغيل التليفزيون أو الريسيفر ولا حتى أجهزة الكمبيوتر واللاب توب، كما أنها ممكن أن تتلف الأجهزة الطبية، فتلك الأجهزة تصلح فقط للإضاءة، ومع ذلك تقلل العمر الافتراضي للمصابيح الكهربية.

٢. قدرة الانفيرتر / Rated Power

يلاحظ أن الأجهزة يعبر عن استهلاكها غالبا بالوات وبعض الانفيرتر يعبر عن قدرتها بالفولت أمبير VA وهذا يستدعي الانتباه عند حساب القدرة وتحويل الفولت أمبير إلى وات يستدعي الضرب في معامل القدرة الكهربائية دعنا نفترض أنه ٦٠٪ بمعنى أن الجهاز الانفيرتر إذا قيل انه يخرج ١٠٠٠ فولت أمبير فيكون الأجهزة التي يمكن تحميلها عليه اجمالي ٦٠٠ وات. بالنسبة للمواتير التي يتم تحميلها علي الانفيرتر يجب حساب التيار الفعلي عند بدء تشغيل الموتور بعمل التصحيح الأزم لمعامل القدرة الكهربائية وهنا سوف تقوم بحساب الأحمال التي يتوقع أن تقوم بتحميلها ويمكنك الرجوع إلى لوحة الطاقة الخاصة بالجهاز ويكون مدون فيها هذه المعلومة أو الاسترشاد بهذا الجدول بشكل تقريبي مع وضع هامش بالزيادة تفاديا لزيادة الحمل يجب أن يكون المستخدم حريصا وعارفا لطبيعة الجهاز وعدم التحميل الزائد والاستجابة لما يصدر عن الجهاز من تحذيرات عند زياد الحمل بتخفيف الأحمال وإطفاء بعض الأجهزة أو اطفاء الجهاز بالكلية إذا كان لا يتحمل وخاصة مع الانقطاع المتكرر للكهرباء

٣. الانفيرتر منخفض التردد و مرتفع التردد

هناك نوعين من الانفيرتر Low frequency vs High Frequency و دون الغوص في النظريات، يمكن ببساطة القول أن هناك اختلافات في الوزن و التكلفة و القدرة القصوى والضوضاء.

أ. العاكس المنخفض التردد يستخدم الملفات النحاسية الكبيرة "copper transformer" لتحويل التيار وبالتالي هو ثقيل وغالي

ب. العاكس المرتفع التردد يستخدم الترانزستورات "transistors" الإلكترونية لتحويل التيار.

ويمكن تلخيص الفروقات في الجدول التالي :

الفرق بين الانفرتر المرتفع و المنخفض التردد		
البند	**الأنفرتر المنخفض التردد – Low Frequency**	**الانفرتر مرتفع التردد – High frequency**
الوزن و الحجم	كبير و ثقيل حيث يصل وزنه الي10 كيلوجرام لكل كيلو واط قدرة	صغير و خفيف وزنه حوالي 2.5 كيلو جرام لكل كيلو واط قدرة
السعر	غالي	رخيص
القدرة القصوي Surge – Power	تصل القدرة القصوي الي 4-8 أضعاف القدرة المستمرة. اي الانفرتر ال3 كيلو واط لديه قدرةقصوي تصل الي 12 كيلو واط علي الاقل و هذا الرقم صالح لبدء تشغيل المحركات الحثية مثل التكييفات و الغسالات فمثلأ انفرتر بقدرة 3 كيلو واط تصل قدرته القصوي الي 12 كيلو واط و هذا الرقم كافي لتشغيل مكييف 3 حصان	القدرة القصوي لا تزيد عن مرتين القدرة المستمرة و لتشغيل المواتير الحثية يجب العناية الدقيقة بتصميم حجم العاكس
الضوضاء	يسبب ضوضاء كبيرة و لذلك يجب توصيله في مكان بعيد عن اماكن المعيشة	لأ يصدر عنه ضوضاء و صوته منخفض جدآ

جدول ٢ : مقارنة بين الانفيرتر منخفض التردد و مرتفع الترددد

سلطان

- أنواع الانفيرترات (العواكس)

✓ العاكس المتصل بالشبكة (On-Grid Inverter) :



شكل ٩ : العاكس المتصل بالشبكة

- يستخدم هذا النوع في النظم المتصلة بشبكة الكهرباء
- يوجد منه مقاسات تبدا من ٢ كيلو وات و حتي ١ ميجاوات
- المقاسات الصغيرة حتي ٥ كيلو يكون فيها نوع التيار الخارج ١ فاز ٢٢٠ فولت
- المقاسات الأكبر من ٥ كيلو يكون فيها نوع التيار المتردد الخارج ٣ فاز , ٣٨٠ فولت
- هذا النوع من الانفيرتر يفصل التيار الكهربائي تلقائيا و ينطفئ تماما عند انقطاع التيار في الشبكة, و هذه الخاصية تحقق الأمان للعمال في حال قيام اعمال صيانة بشبكة الكهرباء اثناء انقطاع التيار.
- لا يمكن الاستفادة من كهرباء الطاقة الشمسية عند انقطاع التيار عن الشبكة حيث يكون العاكس مطفي تماما
- يقوم العاكس بمزامنة تردد التيار الخارج(50 -60 Hertz) مع تردد تيار الشبكة باستخدام مذبذب داخلي, و ضبط الجهد مع نفس جهد الشبكة و تسمى هذه العملية بالـ Synchronization
- هذا العاكس يخرج تيار ذو موجة جيبية نقية Pure Sine Wave و ذلك لتتطابق الكهرباء الخارجة من العاكس مع كهرباء الشبكة في كافة الخصائص

- اغلب انواع العواكس المتصلة بالشبكة تأتي الان من النوع المرتفع التردد High frequency الي لا يحتوي علي ملفات نحاسية كما سبق شرحه

- العاكس المنفصل عن الشبكة Off Grid Inverter والهجين Hybrid



سلطان

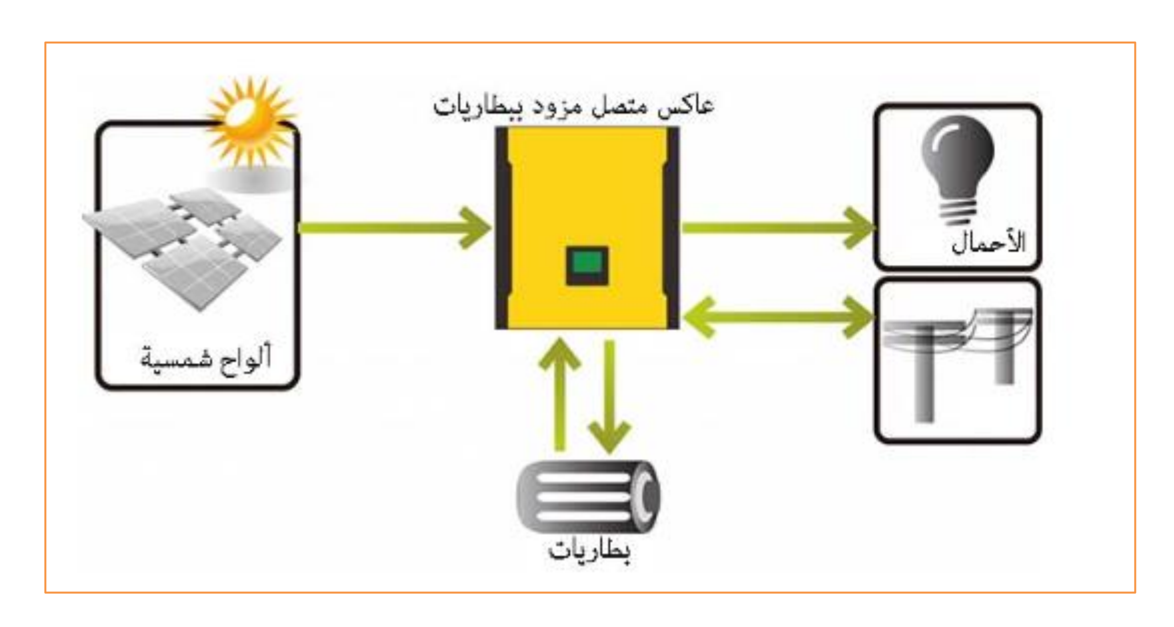
شكل ١٠ : العاكس المنفصل عن الشبكة و الهجين

- أغلب أنواع العواكس المنفصلة عن الشبكة تأتي الان مع منظم الشحن داخلي
- مخرج التيار يكون اما موجة جيبية معدله او نقيه. و قد اصبحت العواكس ذات الموجة النقية الأكثر انتشارا في جميع العواكس بعد انخفاض اسعارها, عدا بعد العواكس الصغيرة المخصصة لتشغيل وحدات الأضائه فقط.
- جهد بنك البطاريات التي يدعمها الانفيرتر هي مواصفة موجودة في الانفيرتر الهجين او ال Off Grid الذي يحتوي علي منظم الشحن بداخله. جهد البطاريات التي يدعمها الانفيرتر بصورة عامة كما يلي: ١٢ فولت للعواكس الصغيرة حتي قدرة ١ كيلو وات ٢٤ فولت للعواكس من ١ الي ٣ كيلو وات ٤٨ فولت للعواكس من ٣ الي ١٠ كيلو وات ٩٦ فولت للعواكس من ١٠ الي ٢٠ كيلو وات ١٩٢ فولت للعواكس من ٢٠ الي ٥٠ كيلو وات ٦٠٠ فولت للعواكس من ٥٠ الي ٥٠٠ كيلو وات فإذا كانت ٤٨ فولت مثلا فسوف تضطر لتركيب ٤ بطارية ١٢ فولت أو ٨ بطارية ٦ فولت, بحيث يتم توصيلهما على التوالي

يمكن توصيل أكثر من بطارية لنفس الجهاز ولكن على التوازي وذلك لإعطاء نفس الفولت ١٢ مثلا مع إعطاء وقت أطول للتشغيل وهذا يتوقف أيضا على قدرة الجهاز على شحن البطاريات في وقت مناسب حيث إن الانقطاع المتكرر للتيار يؤدي إلى عدم كفاية الوقت بين مرتي الانقطاع لشحن البطاريات

- حماية الانفيرتر Circuit Protection – الحماية يجب التأكد أن الجهاز به حمايات كافية وبشكل أساسي الحماية ضد زيادة الأحمال وخاصة مع تنبيه صوتي الحماية ضد ا نخفاض جهد البطارية الحماية ضد ارتفاع الحرارة
- التحويل التلقائي عند انقطاع الكهرباء UPS uninterrupted power support – الأجهزة الهجين تدعم التحويل التلقائي عند انقطاع الكهرباء أو عودتها وهو ما يسمى ب UPS وهذه الخاصية تكون مفيدة في حالة تشغيل جهاز معين على الانفيرتر ولا ترغب في أن يتوقف عن التشغيل مثل سيرفر أو جهاز طبي مثلا
- امكانية برمجة الاولوية في التشغيل سواء من الالواح او البطاريات او الكهرباء الرئيسية
- بعض الأنواع يوجد بها دائرة لتشغيل مولد ديزل في حالة غياب الشمس والكهرباء الرئيسية وا نخفاض شحن البطاريات.

- عاكس متصل بالشبكة ومزود ببنك بطاريات Grid Tied with battery backup



شكل ١١ : عاكس متصل بالشبكة ومزود ببنك بطاريات

- ويجمع هذا النظام بين النظامين المتصل والمنفصل السابق شرحهم حيث تقبل هذه العواكس البطاريات مع امكانية ربطها بشبكه الكهرباء
- الأساسي بين هذا النوع والعاكس الهجين هو ان هذا العاكس يمكنه ضخ الكهرباء الي الشبكة بالأضاقة الي استخدام الكهرباء من الشبكة. اي ان التيار المتردد يسير في الاتجاهين من والي الشبكة كما هو واضح في الصورة. اما العاكس الهجين فيأخذ التيار من الشبكة في اتجاه واحد فقط ولا يمكنه ضخ كهرباء الي الشبكة.
- يقوم هذا العاكس بعملية Synchronization السابق شرحها في العواكس المتصلة بالشبكة
- هذا العاكس يفصل ضخ الكهرباء الي الشبكة عند انقطاع التيار ولكنه لا ينطفئ، فيكمن هنا الاستفادة من كهرباء الطاقة الشمسية عند انقطاع التيار عن الشبكة والاعتماد علي الخلايا و البطاريات

١-٢-٥ : الكابلات

كابلات الطاقة الشمسية من اهم عناصر المنظومة. الكثير من المشاكل التطبيق تكون ناتجه عن اهمال الأقطار المناسبة للكابلات , يتم استخدام كابلات خاصة معزولة بعزل حراري و مائي طبقا للمواصفات الفنية. جميع كابلات الطاقة الشمسية مصنوعة من شعيرات النحاس المقصدر Tinned Copper عالي الجودة.

اول خطوة في تصميم مقطع السلك هو تحديد شدة التيار المار به . هذه الخطوة سهلة بالنسبة دوائر التيار المستمر القادم من الخلايا , حيث يتم استخدام قيمة Isc الموجودة في مواصفات الألواح . في حال وجود اكثر من مصفوفة شمسية علي التوالي يكون

شدة التيار = عدد المصفوفات علي التوازي × Iscسلطان

اما في حال التيار المتردد فيتم حساب شدة التيار بناء علي الpower factor والمعادلات التالية:

عند حساب احمال التيار المتردد علي الانفيـــــــــــرتر يجب ادخال معامل القـــدرة الكهربائية Power Factor للمواتير.

في حالة فازة واحدة المعادلة: $I = P / PF \times V$

في حالة ٣ فازات المعادلة: I = P / √3 x PF × V

حيث ان :

I : هي شدة التيار الكهربائي

P – هي القدرة وات

V – هي فرق الجهد (٢٢٠ فولت للتيار الأحادي و ٣٨٠ فولت لل٣ فاز)

PF – هو معامل القدرة

و للأسف الشديد الكثير من الناس يغفل معادلات الكهرباء الخاصة بالتيار المتردد و يستخدم معادلة وام للتيار المستمر دون ادخال معامل القدرة الكهربائية.

هذا يسبب اخطاء جسيمة عند حساب قدرة الانفيرتر المطلوب خاصة في حالة وجود محركات مثل التكييفات او الطلمبات في الأحمال

اما بالنسبة الي المضخات التي تعمل علي الداريفرات VFD يتم تحديد معامل قدرة = ٠,٨ , حيث ان الدرايف يعطي Soft start للمضخة و لا يوجد تيار عالي عند بداية التشغيل .

ولحساب مقطع السلك طبقا للمعادلة الأتية:

التيار المستمر:

مقطع السلك مم٢ = 1.4 عامل امان × 2 ×L×I×P/ (% المسموح بها لانخفاض الجهد × V)

التيار المتردد الأحادي القطب:

مقطع السلك مم٢ = 1.4 عامل امان ×L×I×P/ (% المسموح بها لانخفاض الجهد × V)

التيار المتردد الثلاثي الاقطاب :

مقطع السلك للفازة الواحدة مم٢ = 1.4 عامل امان ×√3×L×I×P/ (% المسموح بها لانخفاض الجهد × V)

حيث:

– I: شدة التيار بالأمبير

– p: رقم ثابت يساوي ٠,٠١٧٢٤ بالنسبة للكابلات النحاس و ٠,٠٢٧٧ للكابلات الألومنيوم

-V: الجهد المار بالكابل

– L: طول الكابل

مثال لسلك تيار مستمر:DC

الجهد = ٧٠ فولت

التيار = ١٦ امبير

الطول = ٢٣ متر

نوع الكابل = نحاس

الا نخفاض المسموح به للجهد = ٢%

مقطع السلك =١,٤ × ٢ × ٢٣ × ١٦ × ٠,٠١٧٢٤ / (٧٠ × ٠,٠٢)= ١٢,٧ مم٢

و هنا يتم استخدام سلك مقطعه ١٦ مم٢ طبقا للمتوفر في الأسواق

- التوصيل بين الخلايا و منظم الشحن

يتم تحديد مقطع كابلات الطاقة الشمسية بناء على العوامل الاتية:

١. جهد الالواح الاجمالية
٢. امبير الالواح الاجمالي
٣. المسافة بين الالواح و منظم الشحن كلما تمر الكهرباء من خلال كابل هناك مقاومة تؤدي إلى انخفاض الجهد و قيمة المقاومة تعتمد على أطوال الكابلات. و لذلك افضل طريقة للتوفير في تكلفة الكابلات هي وضع منظم الشحن و العاكس و البطاريات في مكان قريب جدا من الخلايا

سلطان

الفصل الثاني

احتساب القدرة المتولدة من منظومة الطاقة الشمسية في قسم المحاسبة

١-٢ : اساسيات احتساب القدرة

عرفنا فيما سبق ان القدرة المتولدة من منظومة الطاقة الشمسية تعتمد اعتمادا كليا على الانفيرتر (العاكس) , حيث ان قدرة العاكس تتمثل بقدرة منظومة الطاقة الشمسية .

ان العاكس الموجود في منظومة الطاقة الشمسية في قسم المحاسبة في المعهد التقني كوت هو من نوع InfiniSolar وبقدرة 10KW , وكما موضح في جدول المواصفات الخاص بالانفيرتر التالي :

MODEL	10KW
RATED POWER	10000 W
PV INPUT (DC)	
Maximum DC Power	14850 W
Nominal DC Voltage	720 VDC
Maximum DC Voltage	900 VDC
Start-up Voltage / Initial Feeding Voltage	320 VDC / 350 VDC
MPP Voltage Range	400 VDC ~ 800 VDC
Maximum Input Current	2*18.6 A
Isc PV (absolute maximum)	25 A
Max. inverter back feed current to the array	0 A
GRID OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Output Voltage Range	184 - 265 VAC per phase
Output Frequency Range	47.5 ~ 51.5 Hz or 59.3~ 60.5Hz
Nominal Output Current	13 A per phase
Inrush Current/Duration	17 A per phase / 20ms
Maximum Output Fault Current/Duration	51 A per phase / 1ms
Maximum output Overcurrent Protection	51 A per phase
Power Factor Range	0.9 lead – 0.9 lag
AC INPUT	
AC Start-up Voltage	120-140 VAC per phase
Auto Restart Voltage	180 VAC per phase
Acceptable Input Voltage Range	170 - 280 VAC per phase
Nominal Frequency	50 Hz / 60 Hz
AC Input Power	10000VA/10000W
Maximum AC Input Current	25 A
Inrush Input Current	25 A
BATTERY MODE OUTPUT (AC)	
Nominal Output Voltage	230 VAC (P-N) / 400 VAC (P-P)
Output Frequency	50 Hz / 60 Hz (auto sensing)
Output Waveform	Pure sine wave
Output Power	10000VA/10000W
Output Current	13 A per phase
Efficiency (DC to AC)	91%
BATTERY & CHARGER	
Nominal DC Voltage	48 VDC
Maximum Battery Discharging Current	250 A
Maximum Charging Current	200 A

جدول ٣ : خصائص الانفيرتر الموجود في قسم المحاسبة

ومن الجدول أعلاه نجد ان الفولتية الواجب ربطها على هذا الانفيرتر يجب ان لا تتجاوز الـ٩٠٠ فولت ويفضل ان تكون ٧٢٠ فولت . ومن المعلوم ان مواصفات الالواح الموجودة في هذه المنظومة هي كالتالي :

POWER = 360W
Vo.c = 48V
Is.c = 7.5A

وللحصول على ٧٢٠ فولت يجب ربط ١٥ لوح في التوالي , كما موضح في الحسابات ادناه :

طان الفولتية الخارجة من الالواح الشمسية = عدد الالواح المربوطة توالي × فولتية اللوح الواحد
سلطان = ١٥ × ٤٨
= ٧٢٠ فولت

سلطان سلطان سلطان سلطان سلطان

ان عدد الالواح المربوطة في قسم المحاسبة هو ٩٠ لوح شمسي , فتكون الالواح مقسومة على ٦ مجاميع توازي , كل مجموعة تحتوي على ١٥ لوح مربوط على التوالي لتغطية متطلبات الانفيرتر .

فالمحصلة النهائية قد تم فيها تغطية احتياج الانفيرتر من ناحية الفولت والتيار في جزء الادخال , اما جزء الإخراج فهو يعتمد على الانفيرتر نفسه كما سبق الذكر .